УДК 598/599:(591.484:591.41)

АНГИОАРХИТЕКТОНИКА ГЛАЗА НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

А. П. Любомудров, **Л. М. Лычковский**

(Львовский медицинский институт)

Сосудистое русло глаза выполняет как трофическую, так и формообразовательную функцию этого органа. В работах Г. В. Лопашова (1960), О. Г. Строевой (1961, 1965), Г. В. Лопашова и О. Г. Строевой (1963) показано, что кровоснабжение органа зрения уже в процессе его эмбрионального развития является необходимым фактором становления глазного яблока как органа, обладающего точными оптическими свойствами.

Сравнительное изучение сосудистого русла глаза наземных позвоночных не проводилось. Лишь некоторые данные, касающиеся тех или иных участков сосудистого русла этого органа у различных представителей интересующих нас классов позвоночных, мы встретили в работах Ангелюччи (Angelucci, 1881), Г. Денисенко (1881), Л. Лангенбахера (1881), Вирхова (Virchov, 1900), Лаубера (Lauber, 1902), Абельсдорфа и Весселн (Abelsdorf u. Wessely, 1909), Бронна (Bronn, 1890), Рошон-Дувиньe (Rochon-Duvigneaud, 1943), Принсе (Prince, 1956), Полиак (Polyak, 1957), Дюк-Эльдер (Duke-Elder, 1958), З. А. Соколовой (1965).

Сосудистая система глаза позвоночных возникла вместе с этим органом в водной среде. Она достигает высокой степени развития у костистых рыб, и ее архитектоника существенно изменяется у животных, перешедших в воздушную среду обитания (Любомудров, Лычковский, 1970). Задачей настоящего исследования является выяснение путей становления сосудистого русла глаза у высших позвоночных, обитающих в воздушной среде с относительно постоянным внешним давлением.

С этой целью нами рассмотрена ангиоархитектоника на 62 глазах позвоночных, в т. ч. представителей пресмыкающихся (уж обыкновенный — *Natrix natrix* L., ящерица прыткая — *Lacerta agilis* L., веретеница ломкая — *Anguis fragilis* L.) — 16 глаз, птиц (курица домашняя — *Gallus domesticus* Briss., ястреб тетеревятник — *Accipiter gentilis* L., сова болотная — *Asio flammeus* Pont.) — 16 глаз и млекопитающих (кролик домашний — *Opyctolagus cuniculus* L., собака домашняя — *Canis familiaris* L., человек — *Homo sapiens* L.) — 30 глаз. Ангиоархитектоника изучалась на препаратах инъецированных и просветленных оболочек глаза и на гистологических препаратах.

Сосудистое русло глаза пресмыкающихся мало чем отличается от такового амфибий. Однако у них более четко дифференцированы две задние длинные ресничные артерии (рис. 1) и кольцевые артерии радужной оболочки, что связано с развитием сосудистого русла переднего сегмента глаза. Сложившееся у пресмыкающихся расположение задних длинных ресничных артерий в горизонтальном меридиане глаза и отхождение от них задних коротких ресничных артерий, вступающих в собственно сосудистую оболочку глаза, можно считать структурной основой дальнейшего развития путей притока артериальной крови к радужной оболочке и ресничному телу у птиц и млекопитающих.

У пресмыкающихся передние пути притока крови к радужной оболочке и ресничному телу развиты еще слабо. Сосудистое русло мышц

глаза вблизи места их прикрепления переходит на склеру. Ресничные отростки также слабо выражены. Собственно сосудистая оболочка глаза тонкая, представлена главным образом хориокапиллярным слоем (рис. 1). Таким образом, у пресмыкающихся уже установились элементарные взаимоотношения сосудистых образований в собственно хорио-

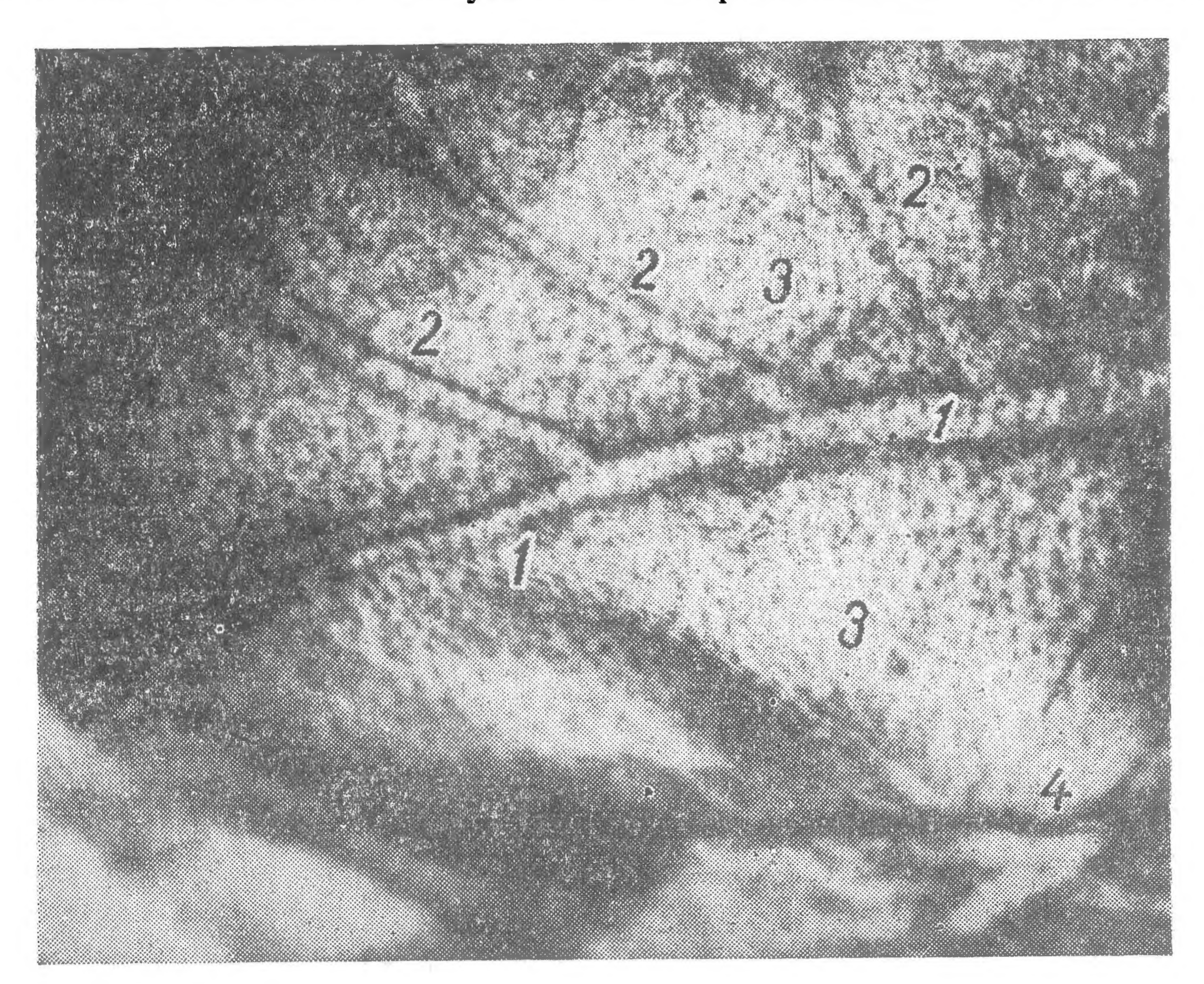


Рис. 1. Сосудистая оболочка глаза ужа:
1 — задняя длинная ресничная артерия; *2* — задняя короткая ресничная артерия; *3* — хориокапилляры; *4*— водоворотная вена (микрофото, ×25).

идальной оболочке: цилиарные артерии переходят непосредственно в хориокапилляры, образующие сплошную капиллярную сеть, примыкающую к сетчатке. Из этой сети выходят четыре водоворотные вены, соответственно по две выше и ниже длинных цилиарных артерий, как бы являющихся горизонтальным меридианом глаза. Подобные взаимоотношения сосудистых элементов хориоидальной оболочки сохраняются у всех представителей высших позвоночных. Меняются только протяженность хориокапиллярного слоя, а соответственно — количество артерий и вен, расположенных кнаружи от хлориокапиллярного слоя, их калибр и взаимоотношение задних длинных и коротких ресничных артерий.

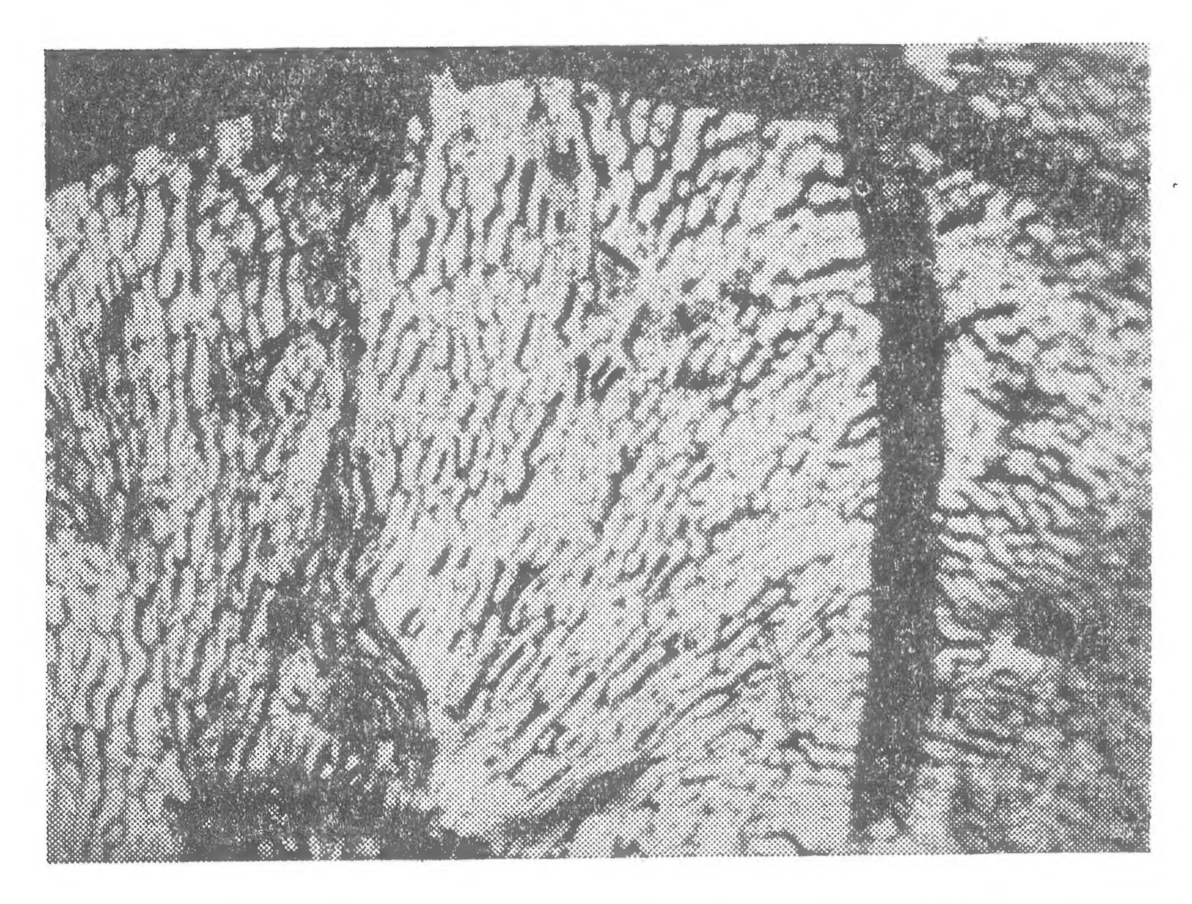


Рис. 2. Сосудистая капсула стекловидного тела и хрусталика глаза ужа (микрофото, ×25).

В глазном яблоке ужа стекловидное тело и хрусталик (рис. 2) окружены нежной сосудистой сеточкой с развитым капиллярным руслом. Такая сосудистая сеть встречается у некоторых костистых рыб (напри-

ıер, у карпа — *Cyprinus carpio* L.) и очень хорошо выражена у исслеованных амфибий. Находясь между сетчатой оболочкой и прозрачным дром глаза, она может выполнять трофическую функцию по отношению этим образованиям. Интересно подчеркнуть, что это сосудистое обраование функционирует в глазу в тот период его филогенеза, когда

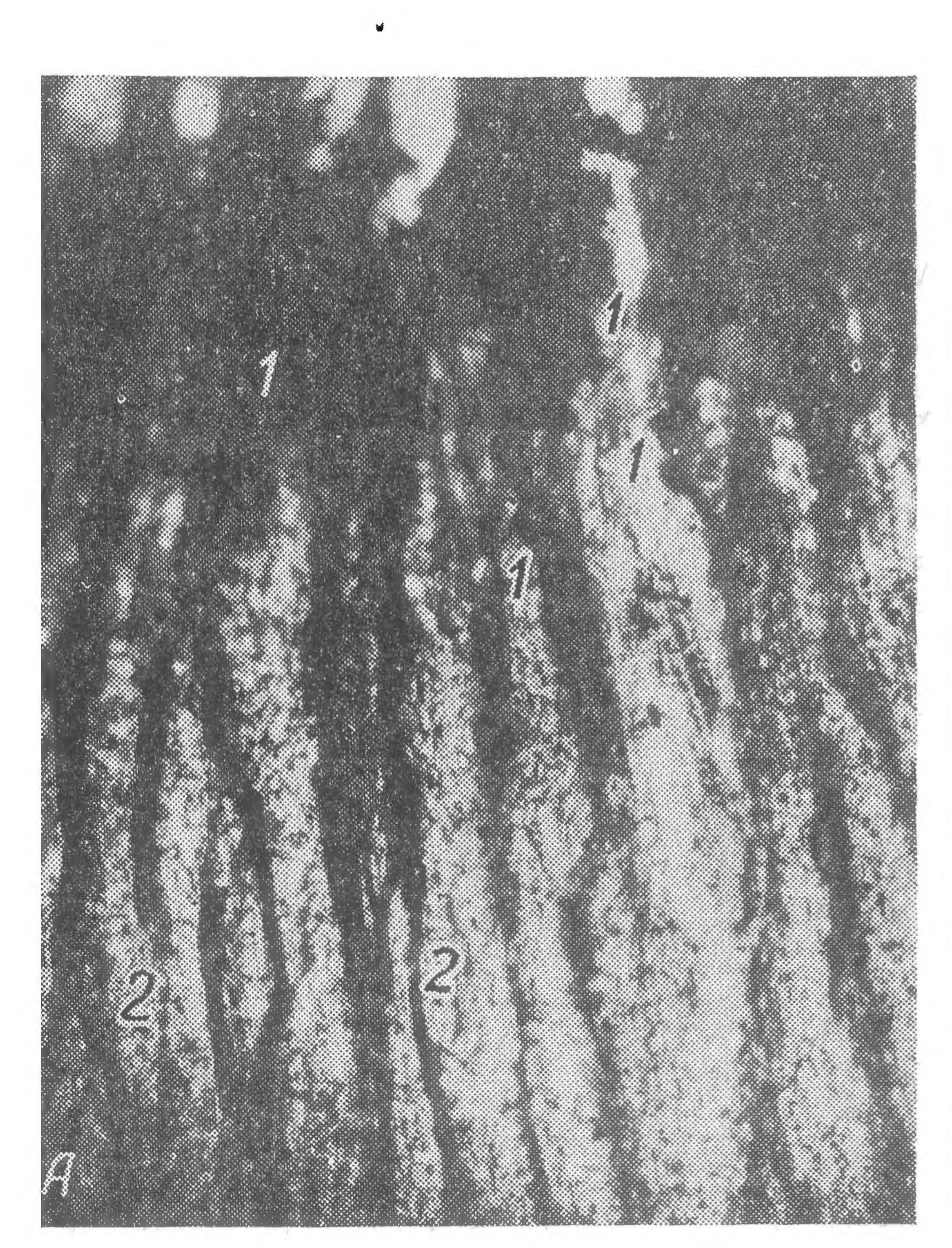




Рис. 3. Сосудистое русло ресничных отростков в глазу:
— ястреба; Б — кролика; 1 — капилляры ресничных отростков; 2 — отводящие вены (микрофото, ×25).

существляется переход позвоночных из водной в воздушную среду обиания, и представляет собой как бы дополнительную сосудистую оболочу, расположенную с внутренней стороны сетчатки. Вряд ли целесообазно отождествлять эту сосудистую сеть с сосудами сетчатки высших озвоночных. Ее тесная связь с сосудистым телом и хрусталиком, ереднее расположение источников притока крови свидетельствуют о азличном генезисе этих сосудистых образований.

Таким образом, сосудистое русло глаза пресмыкающихся по сравнению с таковым амфибий отличается главным образом «упорядочением» асположения (имеющихся уже у амфибий) всех сосудистых элементов обственно хориоидальной оболочки, их более определенной локализаций и распределением. В то же время относительная бедность этой оболочки сосудистыми элементами у исследованных нами пресмыкающихся объясняется тем, что у них слабо выражены зрительные способности. Доказательством этого может служить наличие у ужовых (Colubridae) прозрачной кожной пластинки, прикрывающей глазное яблоко. В ней имеется хорошо развитое сосудистое русло, а подкожное расположение лаза напоминает рудиментарный глаз крота с аналогичной позицией.

Сосудистое русло глаза птиц более развито по сравнению с таковым пресмыкающихся: сосудистая оболочка толще, прекрасно выражен хориокапиллярный слой. Весьма характерным является расположение источников артериального кровоснабжения глаза: сильно развита одна задняя длинная ресничная артерия, которая, не ветвясь, проходит в

супрахориоидальном пространстве к цилиарному телу. Здесь от нее отходит ветвь, дихотомически разделяющаяся на кольцевые артерии цилиарного тела. Они замыкают собой полное артериальное кольцо, от которого меридионально отходят ветви к ресничному телу. Рядом находится кольцеобразное венозное сплетение с множественными отводящими венами, направленными в собственно сосудистую оболочку.

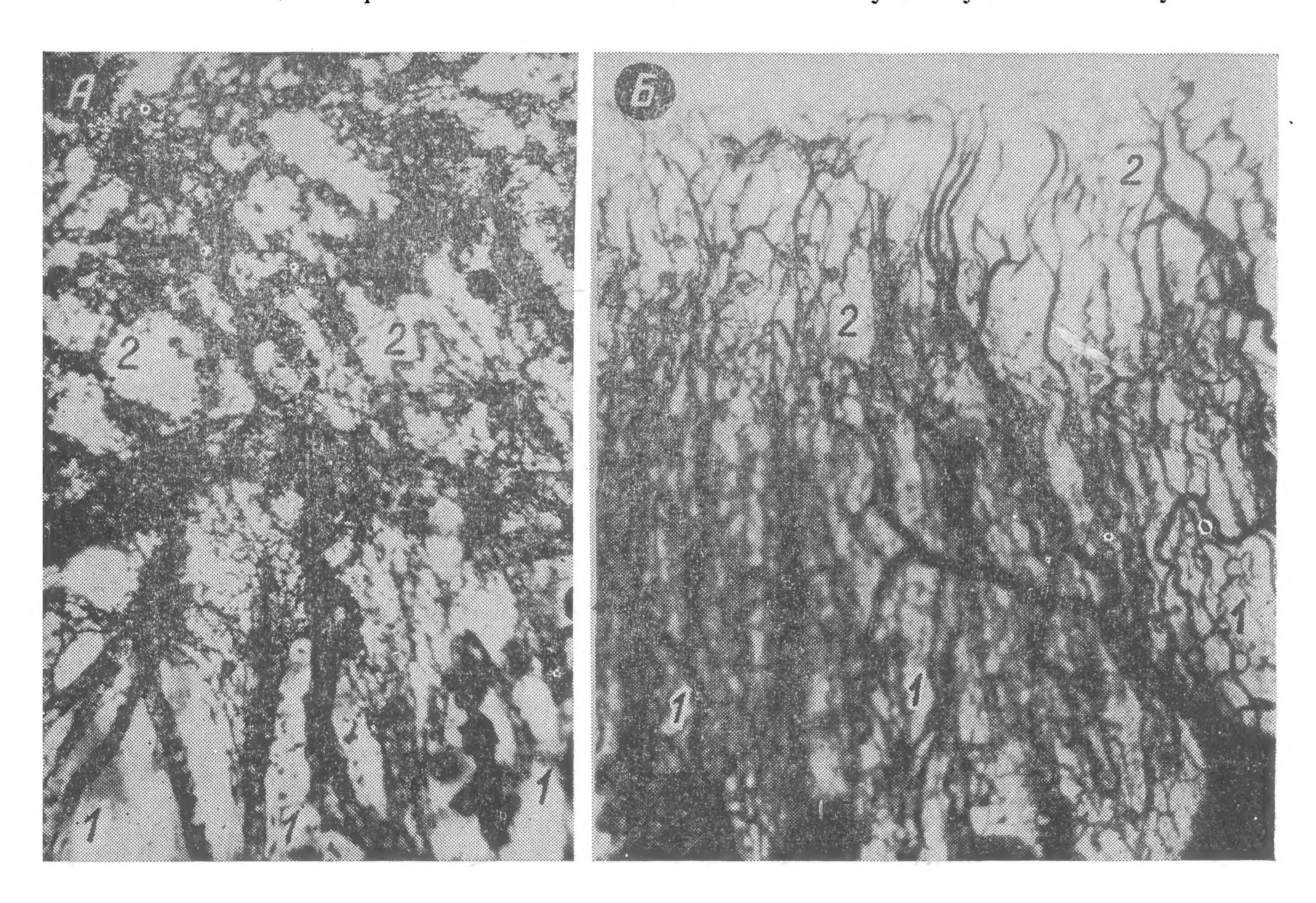


Рис. 4. Сосудистое русло радужной оболочки глаза:
А — совы; *Б* — кролика; *1* — артериолы и венулы радужной оболочки; *2* — капиллярное русло радужной оболочки (микрофото, ×25).

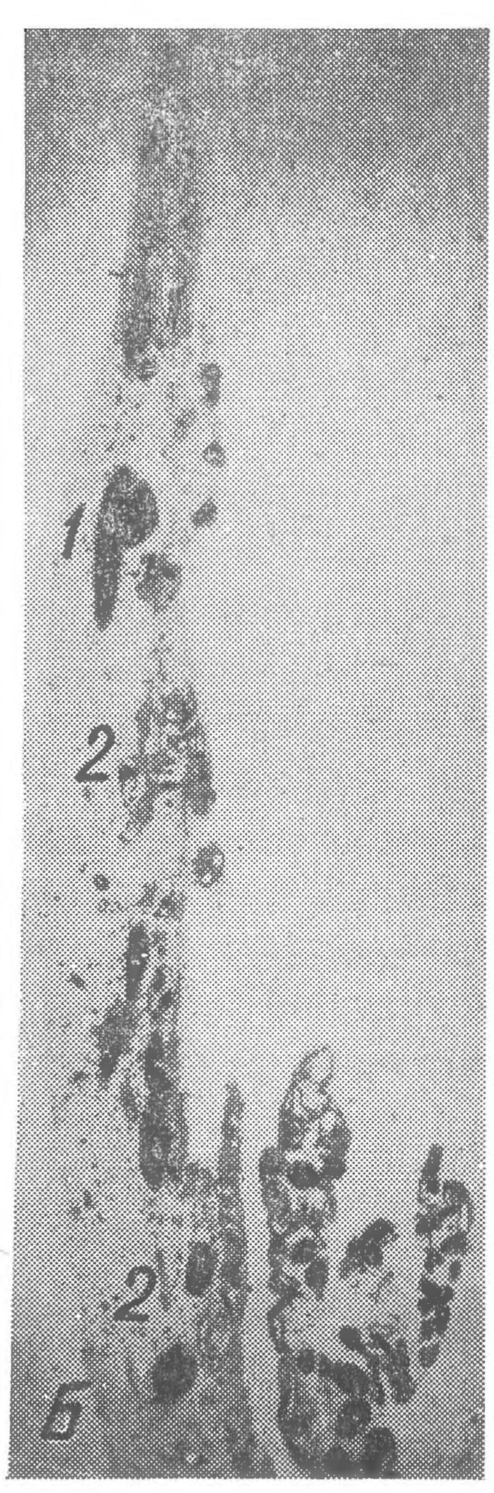
Ствол длинной ресничной артерии продолжается в радужную оболочку, где тоже дихотомически делится на две кольцевые артерии, дугообразно огибающие этот участок сосудистой оболочки и расположенные у ее передней поверхности. Ветви, отходящие от кольцеобразных артерий радужной оболочки, питают ее капиллярную сеть, особенно хорошо выраженную на ее передней поверхности, и отдают извилистые ветви к рядом расположенным головкам ресничных отростков. Последние обладают весьма развитым капиллярным руслом (рис. 3), а отводящие вены ресничного отростка представляют собой длинные, небольшого диаметра сосуды, впадающие в вены собственно сосудистой оболочки. Особенно сильно развито сосудистое русло в радужной оболочке глаза ночного хищника — совы (рис. 4). Эта часть сосудистой оболочки состоит у нее почти целиком из сосудов, а строма выражена очень слабо (рис. 5). Ресничные отростки глаза совы обладают также развитой капиллярной сетью и прилежат вплотную к хрусталику (рис. 6).

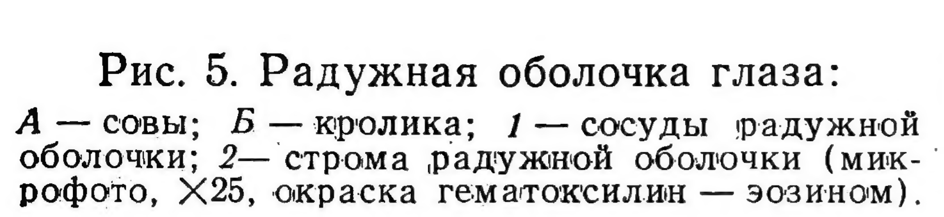
Вторая задняя длинная ресничная артерия глаза птиц значительно отличается от первой: она извилистая, и хотя расположена вдоль противоположного меридиана глаза, до ресничного тела не доходит, от нее отходит ряд задних коротких ресничных артерий в собственно сосудистую оболочку.

В глазу птиц дифференцированы две крупные водоворотные вены, каждая из которых образуется из двух дихотомически сходящихся крупных вен. Наблюдаются выраженные транссклеральные анастомозы; диаметр некоторых из них достигает 75 *мк*. Они связывают экстра- и интрабульбарное артериальные русла вблизи лимба роговой оболочки, сосудистое русло которого в целом у птиц уже хорошо выражено. Вполне сформирована краевая петлистая сеть роговой оболочки с артериовенозными петлями, обращенными в сторону аваскулярной стромы роговой оболочки.

Таким образом, для ангиоархитектоники глаза птицы характерны весьма развитое капиллярное русло ресничных отростков, радужной оболочки и хориокапиллярного слоя собственно сосудистой оболочки, наличие кольцевых артерий и венозных сплетений радужной оболочки и ресничного тела. Особенности ангиоархитектоники заключаются главным образом в ходе и ветвлении крупных источников артериального кровоснабжения глаза, в особенности задних длинных ресничных артерий.






Рис. 5. Радужная оболочка глаза:
А — совы; *Б* — кролика; *1* — сосуды радужной оболочки; *2* — строма радужной оболочки (микрофото, ×25, окраска гематоксилин — эозином).

Ангиоархитектоника глаза млекопитающих мало чем отличается от таковой птиц (рис. 3, 4, 5). В системе кровоснабжения глаза млекопитающих можно выделить три особенности: наличие двух задних длинных ресничных артерий, одинаково выраженных и расположенных в горизонтальном меридиане глаза. Обе эти артерии участвуют в равной мере в образовании артериального кольца радужной оболочки; наличие передних и задних путей притока крови к радужной оболочке и ресничному телу. При этом следует отметить значительную вариабельность количества и калибра передних и задних источников кровоснабжения этих частей сосудистой оболочки у отдельных видов млекопитающих; васкуляризация сетчатой оболочки глаза выражена различно у разных представителей млекопитающих.

Характеризуя ангиоархитектонику глаза человека, следует отметить прежде всего прекрасно развитые передние пути притока крови к радужной оболочке и ресничному телу. Транссклеральные анастомозы, связывающие экстра- и интрабульбарное артериальные русла вблизи лимба роговой оболочки и представляющие собой истинные передние источники кровоснабжения радужной оболочки и ресничного тела, развиты у человека значительно лучше, чем у других млекопитающих, в частности у распространенных лабораторных животных — собаки и кролика. У человека количество и калибр передних путей притока крови к радужной оболочке и ресничному телу больше, чем таковые задних путей. Второй

особенностью ангиоархитектоники глаза человека являются хорошо выраженные соустья задних коротких ресничных артерий с возвратными артериями сосудистой оболочки.

В заключение следует отметить, что главной чертой в развитии сосудистого русла глаза позвоночных — обитателей воздушной среды можно

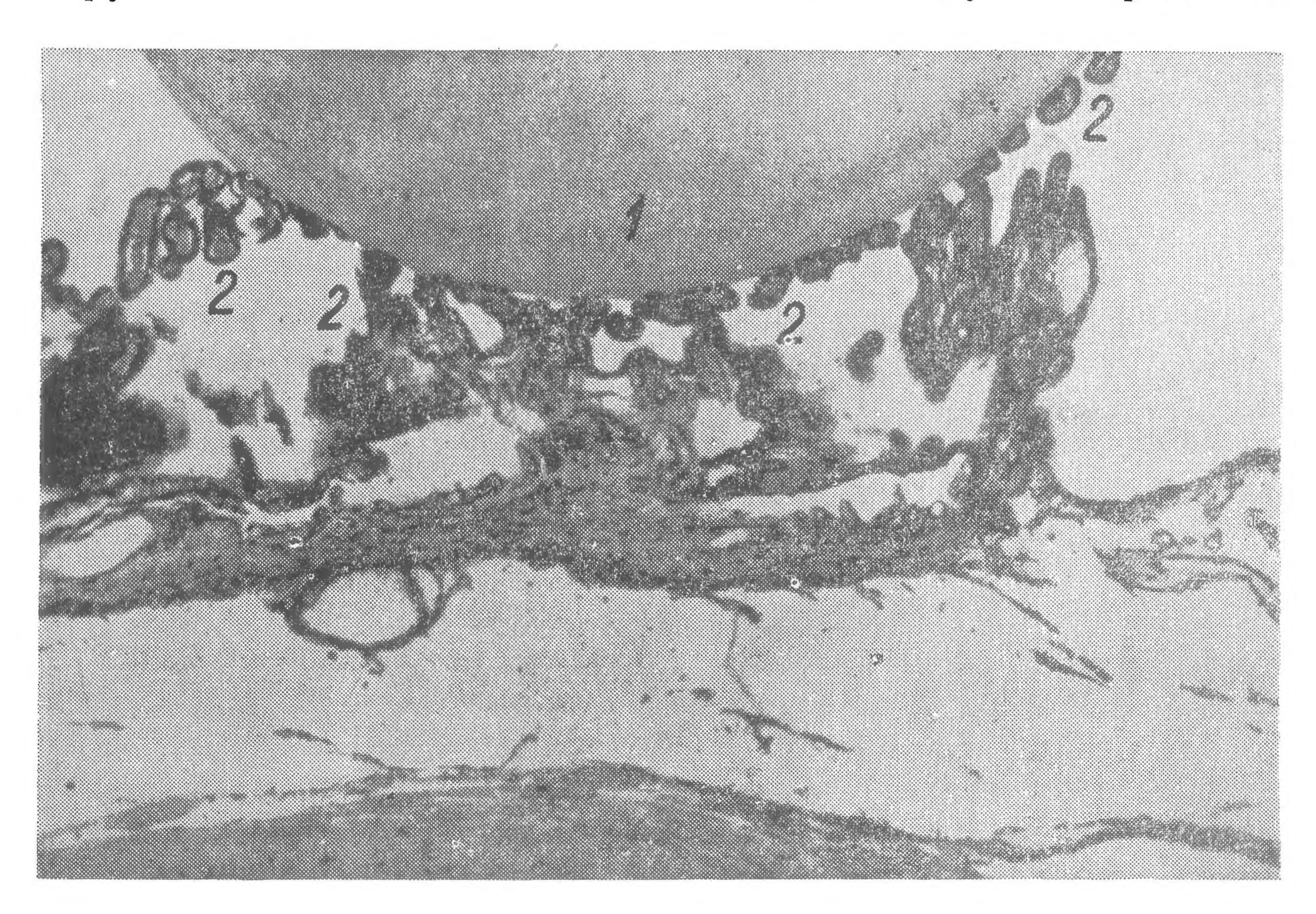


Рис. 6. Глаз совы:
1 — ресничные отростки, прилежащие вплотную к хрусталику; *2* — хрусталик (микрофото, ×25, окраска гематоксилин — эозином).

считать прогрессивное совершенствование сосудистых образований переднего сегмента глаза, что связано с возрастающим значением этого участка глазного яблока в обмене внутриглазных жидкостей, в образовании и оттоке камерной влаги.

Выводы

1. В процессе исторического развития наземных позвоночных ангиоархитектоника их глаза изменяется меньше, чем при переходе из водной среды обитания в воздушную.

2. Морфология хориокапиллярного слоя собственно сосудистой оболочки глаза, расположение его непосредственных источников притока и путей оттока крови, сложившиеся у пресмыкающихся, в процессе филогенеза позвоночных не претерпевают значительных изменений.

3. У обитателей воздушной среды наблюдается прогрессивное развитие сосудистого русла переднего сегмента глаза, в частности радужной оболочки. Развиваются ресничные отростки ресничного тела, капиллярное русло которых значительно развито у птиц, а особенно у млекопитающих.

4. С развитием сосудистого русла переднего сегмента глаза связано постепенно усиливающееся, но различное у птиц и млекопитающих дифференцирование артериальных путей притока крови к радужной оболочке и ресничному телу.

5. Ангиоархитектоника глаз отдельных представителей млекопитающих различается главным образом степенью развития передних путей

притока крови к радужной оболочке и ресничному телу, степенью васкуляризации сетчатой оболочки и особенностями ветвления задних длинных ресничных артерий.

ЛИТЕРАТУРА

Лангенбахер Л. 1881. Сравнительно-анатомические исследования кровеносных сосудов в сетчатке глаза. Арх. вет. наук, т. II, кн. III, отд. II.

Лопашов Г. В. 1960. Механизмы развития зачатков глаз в эмбриогенезе позвоночных. М.

Лопашов Г. В., Строева О. Г. 1963. Развитие глаза в свете экспериментальных исследований. М.

Любомудров А. П., Лычковский Л. М. 1970. Сравнительно-анатомическая характеристика сосудистого русла глаза позвоночных животных в процессе перехода в воздушную среду обитания. В сб.: «Общие закономерности морфогенеза и регенерации», в. 2. К.

Соколова З. А. 1965. Редукция глаза крота. Арх. анат., гистол. и эмбр., т. 48, № 5.

Строева О. Г. 1961. Наследственные и экзогенные колобомы сетчатки и нормальный морфогенез глаза. Журн. общ. биол., т. 22, № 4—6.

Её же. 1965. Роль натяжения в дифференцировке сетчатки. Арх. анат., гистол. и эмбр., т. 48, № 5.

Abelsdorf G., Wessely K. 1909. Vergeichendphysiologische Untersuchungen über den Flussigkeitwechsel des Auges in der Wirbeltierreihe. Arch. f. Augenheilk., v. 64.

Angelucci A. 1881. Über Entwicklung und Bau des vorderen Uvealtractus der Vertebraten. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 19.

Bronn H. G. 1890. Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs. Bd. VI, Abt. III.

Денисенко Г. 1881. Über den Bau und Function des Kammes (Pecten im Auge der Vögel.) Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 19.

Duke-Elder W. S. 1958. System of Opthalmology. V. I. London.

Lauber H. 1902. Beiträge zur Anatomie des vorderen Augenabschnittes der Wirbeltiere. Anat. Hefte, Bd. XVIII.

Polyak S. L. 1957. The vertebrate visual system. Chicago, Univ. Press.

Prince J. H. 1956. Comparative anatomy of the eye. Springfield.

Rochon-Duvigneaud A. 1943. Les yeux et la vision des vertebres. Paris, Masson.

Virchof H. 1900. Fächer, Zapfen. Leiste, Polster, Gefässe im Glaskörperraum von Wirbeltieren. Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgeschichte, Bd. 10.

Поступила 24.V 1971 г.

ANGIOARCHITECTONICS OF THE EYE IN THE TERRESTRIAL VERTEBRATES

A. P. Lyubomudrov, L. M. Lychkovsky

(Medical Institute, Lvov)

Summary

In the process of phylogeny of terrestrial vertebrates the angioarchitectonics of the eye undergoes less alterations than when changing the water environment for the air one. The morphology of the choriocapillary layer of the choroid proper, arrangement of its direct sources of blood flow and ways of blood outflow, which were composed distinctly enough already in the reptiles, manifest no considerable changes in the phylogeny of the vertebrates, inhabitants of the air environment. The progressive development of the vascular lumen of the eye frontal segment and differentiation of arterial ways of blood flow to the iris and ciliary body different in the birds and mammals are observed in the terrestrial vertebrates. The eye angioarchitectonics in some representatives of the mammals differ mainly in the degree of development of the frontal ways of blood flow to the iris and ciliary body, in the degree of the retina vascularization and in peculiarities of the long posterior ciliary arteries ramification.